

金沢大学薬学シンポジウム 2011

金沢大学創基 150 年記念「講演会・シンポジウム」シリーズ第 51 回

「生活環境中の放射能—2011 年 3 月 11 日以降の暮らし—」

日時 2012 年 2 月 20 日（月）13:00～17:00

場所 金沢大学自然系図書館棟大会議室

講演 1 生活環境中の放射能（1）

「チェルノブイリの汚染地域における農業復興の試み」

河田 昌東（NPO 法人チェルノブイリ救援・中部）

私はもともと遺伝子の基礎研究をやっておりましたが、昔は技術がまだ未熟であったために、遺伝子の研究はほとんど毎日放射能を使ってしかできませんでした。そのようなわけで、遺伝子の研究と放射能の問題をいや応なしに体験する羽目になったわけで、それがいつの間にか遺伝子組み換え問題と原発の問題にかかわるきっかけになりました。

実は昨日、名古屋で有機農業映画祭がありまして、そのトークショーでたまたま核の問題について話をしました。つまり、原子核も、細胞の核も、本質的なものであるが故に人間が手を加えてはならないのではないかという話をしたのですが、先ほど中垣さんのお話で、ずっと昔に同じようなことをおっしゃっていた大先輩がいます。豊田さんという、私がまだ名古屋大学の大学院にいたころに先生だった方ですが、非常に感銘を受けた次第です。

私は、この NPO 法人のメンバーとして 23 年間、チェルノブイリ原発事故の被災地に入っ、その被災者の救援活動を行ってきました。その過程で学んだことや見たり聞いたりしたことを国内に伝えて、原発事故が起きるとこうなるということを訴え、警告してきたつもりです。しかしながら、今回、3.11 が起こりまして本当に残念でなりません。

チェルノブイリ原発事故が起こって最初の日本の（新聞）記事の日付を見ると 4 月 30 日です。事故が起こったのは 4 月 26 日ですから、ソ連政府が 3 日間隠していたのです。記事を見ても分かりますが、今から思えば、中身はほとんどでたらめです。記事にあるようなことは事実上はなかったわけですが、実際に後から起こってきたことの方がはるかに深刻だったわけです。しかし、マスコミというものはこんなふうに報道するので、特に外国の記事に注意して見なければいけないと思っています。

現地で発行された写真集の、チェルノブイリ 4 号炉が爆発した後の様子を見ると、本当に無残に吹き飛んでいます。

チェルノブイリ 4 号炉は 100 万 kW 原発でしたので、電力で 100 万 kW、熱出力ではその 3 倍です。数秒間のうちに、(定格出力の) 420 倍の出力が出たのですから、もちろん吹き飛んでしまいます。このときは 7%だったと思いますが、そういう低出力運転をある一定期間続けると突然暴走するという設計ミスがあったと言われています。

黒鉛炉でしたので、黒鉛に火が付いて 10 日間燃え続けました。その間、大量の放射性物質を放出しました。縦軸の単位は、今はベクレルですが、メガキュリーという単位になっています。

空から大量の粘土、鉛、ホウ素を落としてとにかく鎮圧し、その後、石棺で覆ったのですが、地盤の不同沈下で多くの裂け目ができ、雨が降ると中に汚染した水がたまるということで、現在、もう一回り大きな石棺で覆う計画が進んでいます。つまり、原発事故というのは 25 年や 26 年たっても後始末に追われるということです。しかも、現在でもなお 5000 人も人の人が管理のために働いています。全く富を生み出さない仕事です。原発事故とはそういうものなのです。

福島はまだ放射性物質が飛び出しているので終わったわけではなく、まだ途中経過ですが、政府が発表した数字を拾って福島とチェルノブイリを比べると、放出放射能、セシウムの量では、福島はチェルノブイリの約 4 分の 1 です。セシウムには半減期が 30 年のものと 2 年のものがあり、チェルノブイリの場合には量の比が 2 : 1、福島は 1 : 1.2 ぐらいなので、チェルノブイリよりは若干早く減衰していくのではないかと思います。

よく問題になるストロンチウム-90 やプルトニウムの放出量は、福島はチェルノブイリと比べればずっと少ないので、巷で言われるように大きな被害につながるわけではないだろうと思います。これは主に爆発時の温度の違い、水素爆発と核暴走の違いだと思います。

この 10 日間に放出された放射能によって、大地が汚染されました。福島の事故が起きたのは冬の終わりごろで、ほとんど北西の風だったので、放出された大量の放射能の多くは海に流れました。しかし、チェルノブイリは内陸部にあるので、すべて大地の汚染につながりました。

ウクライナのジトーミル州は、岐阜県と長野県を合わせたぐらいの広さですが、その北半分が汚染地域になっています。私どもはそこをずっと支援してきました。

行政から拝借してきた、原発から 70km の所にあるナロジチという村における事故直後か

らのデータを見ると、空間線量率は、事故直後は 30mSv/h（1 時間あたり 30 ミリ・シーベルト）という極めて高いレベルです。

こういうことを考えますと、では福島ではどうだったのか、大熊町をはじめとする 20km 圏内の市町村や飯舘村では事故直後はどうだったのかということをきちんと評価する必要があるのですが、あまりデータがないように思います。

私どもは、チェルノブイリの事故を受けて、1990 年 4 月に発足しました。当初はソ連崩壊直前だったこともあり、物不足が深刻でした。病院にはほとんど何もなく、未熟児が年間 600 人も運び込まれるのに、保育器は 3 台しかないという状態でした。そこで、当初は主に医療支援を行っていました。その後、働けなくなった被曝者や事故処理作業者の子弟のための奨学金制度の創設や、被災地の子どもたちにクリスマスカードを送る運動をずっとしてきましたが、今年はそれに加えて福島の子どもたちにクリスマスカードを送る運動もしました。

多くの方がおっしゃっていることですが、原発事故の場合には内部被曝が大きな問題です。ウクライナ政府のデータを基に（グラフ化して）、州別に人口と平均被曝線量を掛け算した集積線量を見ていくと、7～8 割が内部被曝であることが分かります。

私どもが共同研究しているウクライナの国立大学のディードフ教授のデータによると、事故から 1 年間の被曝の内訳は、粉じんを吸ったことによる内部被曝が約 50%、汚染した食べ物・飲み物による内部被曝が 13.5%、合計で 63.5%になります。残りが外部被曝です。事故から 22 年たった 2008 年のデータでは、8～9 割が食物による内部被曝で、粉じんによる被曝はうんと減っています。残りが外部被曝です。

これはなぜかという、事故直後は飛んできた放射性物質が地表に蓄積しているので、粉じんが風で舞い上がれば、非常に高濃度のものが飛び交うことになります。それを直接吸うことが粉じんによる内部被曝の原因です。福島が今そういう状態です。ところが、チェルノブイリで 25 年後にわれわれが測定したデータによると、セシウムに関しては地表から約 20cm まで、水溶性が高いストロンチウムは 40cm まで浸透しています。表面濃度はうんと下がっている、粉じんによる内部被曝がうんと減るということです。

5 月に福島県飯舘村の放棄された菜の花畑で測定したら、大変線量が高かった、サンプルを持って帰って分析しました。その結果は、表面から 5cm の表土は 17 万 6000Bq/kg という非常に高い線量でした。これは、国が発表した数字とほぼ同じです。表面から 20cm の所では 470Bq/kg ですから、比較的少ないと思います。ですから、まだ表面をいじってい

ない所では、表面だけの汚染が続いていると考えていいと思います。

原発から 70km 離れたナロジチ地区の住民の体内のセシウムを測定したデータを見ると、単位を(もとの)キュリーからベクレルに換算したので中途半端な数字になっていますが、一番人数が多いのが 7400~1 万 8500Bq です。大変な体内保有量です。その原因は、食べ物・飲み物だと思います。

その翌年に同じ村で取れた食べ物・飲み物を測定したデータを見ると、青が最大値、紫が平均値、白が最小値ですが、肉類などが非常に高くなっています。これは若干日本と事情が違ってしています。日本はほとんどが輸入した配合飼料を使っています。ほとんどが遺伝子組み換え大豆やトウモロコシなので、それはそれで問題なのですが、そういうものを使っているので、日本ではウクライナのような高度な汚染がずっと続くことはないと思います。しかし、ウクライナはほとんどが放牧で、食べている牧草は今でも汚染しています。肉類の放射線量が高いのはそれが原因です。

キノコは、今でもほとんどが基準外です。野生のベリーも放射線量が大変高いです。実は去年の 7 月に私たちはこの村に行っておりました。ちょうど野生のブルーベリーの季節だったので、住民は森でベリーを採ってきて、それを都会から来たバイヤーに売って生活しているわけです。1 かご 1000 円ほどになるのですが、月収 2 万円の国ですから、かなりの収入源です。違法なのか違法でないのかよく分かりませんが、もちろん汚染しているわけです。とてもおいしいのですが、そのことが彼らの内部被曝を継続させている原因になっています。

そういうことがずっと続いてきた結果、さまざまな病気が起こってきました。放射能による被害が甲状腺癌を含めて癌や白血病に特化されて言われることが最近多いのですが、われわれの研究によれば全く違うと思います。確かに癌や白血病も起きますが、病気全体から見れば 1 割以下です。最も多いのは心臓病、脳血管病、糖尿病、先天異常、あるいは免疫力の低下等です。要するに成人病です。

実は、昔から放射能の影響は加齢だと言われてきました。これはなぜかという、われわれの体内にはさまざまな自然放射性物質がありますし、宇宙から来る放射線によっても被曝しています。その結果、遺伝子は 1 日当たり 2 万カ所程度壊れています。われわれはそれを修復しながら生きているわけです。たまに修復酵素に欠陥があってその機能が失われている人が難病なわけです。最近もテレビでありましたが、2~3 歳ごろまでは普通に成長できますが、あっという間に老化して亡くなってしまうという恐ろしい病気があります。

これは壊れた遺伝子を修復する酵素が駄目になっているということが分かっています。つまり、放射能の影響というのは、その酵素の修復能力と破壊との戦いです。従って、どうやって今以上に被曝を増やさないようにするかが最も大きな課題です。

ナロジチ地区にある病院のデータをグラフにして見ると、事故から4～5年後からさまざまな病気が増えてきています。今でもわれわれはこの病院の年間の医薬品代の約半分を支援しています。子どもでも脳血管病が出ます。

州立病院にもいろいろな機材がなかったので10年間支援して、ICU（インテンシブ・ケア・ユニット）ができるなどの成果が上がりました。未熟児がたくさん生まれるようになりましたので、保育器も必要になりました。あるいは医薬品も不足だということで、医薬品の支援もしてきました。こういうことをして、病院での（治療）成績が上がるようになり、死亡率も大幅に下がりました。しかし、病気の発生率は依然として高いわけです。その理由は、先ほど言いましたように内部被曝だとわれわれは考えています。それをどうするのか、大きなジレンマに陥ったわけです。

そこで、さまざまな文献を読んだり研究したりして、無謀だと言われながら、あるプロジェクトを5年前から始めました。それが「ナロジチ再生・菜の花プロジェクト」です。その中身としては、医療援助は継続しながら、汚染した土壌を何とかしてきれいにしたいということと、衰退した産業の復興です。ここは飯舘村と一緒に畜産と農業の地域だったのですが、土地の95%で作物を作ってはいけないということになったので、完全に衰退したわけです。それを何とか復興できないかと考えました。

ナロジチは原発から70kmの所にあります。もともと、この地域には3万人の住民がいて栄えていたのですが、チェルノブイリ事故が起こって、全員退去すべしという汚染レベルの町になりました。ソ連時代は国のお金で移住させたのですが、91年末にソ連が崩壊してウクライナが独立した途端に経済が全く駄目になり、移住ができなくなりました。1万人が取り残されましたが、出ていきたければ自分のお金で出ていきなさいという非情な決定をされた村です。

汚染レベルは、18万5000～55万5000Bq/m²です。もちろんここでは栽培できないのですが、その土地を国から無償で借りて、ある実験を始めました。飯舘村と比較すると、飯舘村の方がはるかに汚染レベルが高くなっています。

村には今でも、汚染量が高いので近寄るなという標示があります。汚染があまりにもひどくて、村ごと地面に埋めてしまった所もあります。2007年から、「ナロジチ再生・菜の

花プロジェクト」という新しいプロジェクトを始めました。

汚染対策はいろいろあります。表面だけ取ればよいような場所、あるいは段階では、表土剥離が一番効果があります。しかし、これは水田などの農地では難しい面があります。それから、吸収抑制は技術的に可能です。セシウムはカリウムと同じ仲間なので、カリウムを余分に与えてセシウムの吸収を抑制するということです。実は、私は福島県須賀川市にある大きな農業企業体のコンサルティングをやっている状態で、昨年、お米でかなりの吸収抑制の成果を上げています。

それから今、実験的にやっているのは反転耕です。表面から 25cm〜30cm をひっくり返すわけです。そうすると表面の汚染は下に行きますが、作物の根は 20cm ぐらいの所が中心ですから、吸収が大幅に下がることも分かっています。そういうこともウクライナでやりましたし、これから福島で行われると思います。

ただ、こういう三つの対策がなかなかできない場合に、バイオレメデーションが必要になります。バイオレメデーションとは植物を使った浄化です。1 年ほどいろいろな研究や調査をして、取り組みました。ただ、そうは言っても、植物によって土をきれいにすることが簡単なことではないのは当初から分かっていました。つまり、時間がかかるということです。もう一つは、汚染した植物がたくさんできるわけですから、それをどう処分するかが大問題です。この二つがセットでされていないと、最終的な目標は達せられません。

ウクライナで行われた研究の一部なのですが、いろいろな植物について汚染レベルを見ますと、作物によって全く汚染レベルが違うということが分かります。一言で言うと、トマト、ナス、キュウリといったナス科やウリ科は、非常に汚染しにくいです。実際、福島は昨年、全く汚染していなくても風評で売れなくて農業が崩壊しましたが、トマトやキュウリは全く汚染していません。われわれも実際に分析しています。これは、そもそも植物がそういう性質を持っているからです。しかし、福島産だということで全く売れなかったのです。

逆に、アブラナ科は非常に汚染しやすいことが分かっています。現在までに約 300 種類の植物についてセシウムの移行が調べられており、これまで分かっているところでは、植物で最も吸収するのはナタネではなく、アマランサスという雑穀の仲間です。これはさまざまな研究でも最も吸収度が高いことが分かっています。ただ、後の利用がうまくいかないので、われわれはナタネにしました。ナタネは油が利用できるのです、それを農業の復興につなげようとしたわけです。

ナタネを使って土壌からセシウムあるいはストロンチウムを吸い上げると、種に入りますので、その種を絞って油を取ります。当初は油にも放射能が入ってくるのではないかとよく言われました。バイオディーゼルにすると車の排気筒から放射能をばらまきながら走るのではないかと脅されましたが、理論的にはそんなことはあり得ないと思っていましたので、自信はありました。実際に分析するとそのとおりでした。

これはなぜかという、植物が吸い上げるセシウムあるいはストロンチウムは水溶性です。細胞の中でも水溶性の状態なので、油とその他を分離するときに、全部油から抜けてしまいます。従って、油はいろいろな利用が可能です。われわれはディーゼルオイルに転換して、コンバインとかトラクターの燃料にしています。

放射性物質は油かすとその他のバイオマスに集まってきますので、これをメタン発酵菌で発酵させてバイオガスを作るという計画を立てています。最後にバイオガス装置から出てくる廃水に放射性物質が溶けているので、これを吸着剤で吸着させて、小さく固めて最終処分するという計画です。

事前に地元説明会も行いました。もちろん、汚染したものを分析のために日本に持ってくることはできませんので、現地の国立大学と提携して全面的な協力を得ております。あるいは、地区の行政とも相談して、建物や畑の提供を受けたり、栽培管理を依頼したりしています。

2007年4月から、いよいよプロジェクトを始めました。20年間放置された荒地ですから、全くの荒野です。そこを掘り返していくと、日本でもそうですが、ミミズや昆虫がいっぱい出てきます。日本だとサギ、ハト、カラスなどが飛んできますが、ここは大半がコウノトリです。もちろんコウノトリも内部被曝するわけですから、いつの日かきれいな餌が食べられるようにと願っております。

そして、初めて菜の花が咲きました。実は、地元では、ナタネは土壌を疲弊させるので良くないと言われ、菜の花を植えた経験はありませんでした。これも風評だったのですが、実際にやってみるとそういうことは全くありませんでした。

先ほど言ったように、当初は非常に濃度が高かったのですが、雨で浸透して薄まっているために、地表の線量は非常に低いです。ですから、作業者の外部被曝の問題も調査しています。ナタネ畑の土壌の汚染レベルを見ると、ストロンチウムは日本と違って結構高く、実際の問題になるレベルです。セシウムの5分の1(1ヘクタールあたり1.5トン)から10分の1ぐらいあります。

ナタネのバイオマスと種子の収穫量は、種で 1.5t/ha、バイオマスがその倍ぐらいです。いろいろと肥料の条件を変えて、どういう肥料のときに収量がいいか、セシウムの吸収が いいかを調べています。

種を分析すると、油分が約 4 割ありました。大変利用しやすいということが分かります。油に換算すると、約 600kg/ha（1 ヘクタールあたり 600kg）取れる計算になります。

油の中にセシウムやストロンチウムは入ってこないというデータも出ています。検出限界以下ということで、大体 3 から 5Bq 以下です。ですから、油は全く利用可能です。余談ですが、今年は福島でたくさんヒマワリが植えられました。どうするのだと後で大変困ったのですが、実際にヒマワリも、絞って油を分析すると全く入っていません。ですから、油に関しては、汚染地産であっても利用可能です。

ナタネを根、茎、さや、種に分けて分析すると、大変面白いデータだと思うのですが、種に最も多くセシウムが入ってきます。生育の過程を追って分析していくと、種が付く前は根にも茎にも葉にもほとんど均等に分布しているのですが、種が付きだすと、途端に全体の 6 割ほどが種に移行していきます。これは生物学的には非常に面白い現象で、もしかするとセシウムを吸着する特殊な成分（タンパク質など）がある可能性があります。

余談ですが、われわれ人間や動物は、カドミウムなどの毒物を吸着して体内にあまり広がらないようにするためのタンパク質（メタロチオネイン）を肝臓に持っています。そういうものが植物にもある可能性があります。現職であればこういう研究を本当はしたいと思っているのですが、なかなか今はできないというわけです。

しかし、ストロンチウムはそういうことが全くなく、逆に茎やさやの方にあります。元素によって物性が違うということです。

どの程度土壌からナタネに移行するかというと、「蓄積係数」というのは聞きなれない名前ですが、日本で言う「移行係数」と同じです。旧ソ連圏で「移行係数」と言うときは、「ヘクタール当たりのキロベクレル分の植物のキロベクレル」です。翻訳の言葉だけで比べると間違ふことがあるので、要注意です。種が一番よく吸収するということが分かります。ストロンチウムでも、同じように蓄積係数を見えています。

そういうことを 5 年間やりまして、何とかなるかなと思ったのですが、結果的に土壌から大幅にセシウムあるいはストロンチウムを減らすことは困難だということが分かりました。予想はしていたのですが、良くて年にも 1%から 3%程度しか減りません。ということとは、何十年もかかるということです。

これは、実際に汚染したフィールド（野外）でやって初めて分かったことです。それまで 100 ぐらいの論文を読んでいたのですが、ほとんど「何とかなる」「うまくいく」という論文ばかりだったのです。調べてみると、ほとんどが大学や研究所による、水に溶かしたセシウムを土壌に加えて植えるというポット実験でした。しかし、汚染して 20 年たった土壌というのは、土壌にがっちりくっついてしまっているのです。全く物性が違うのです。ですから、今後、福島復興を考えるに当たっては、その辺のことをよく考慮する必要があります。

それから、ナタネには連作障害があります。同じ場所に続けて植えると、病虫害が増えたり栄養が偏ったりして、収量が落ちになります。ですから、ナタネを植えて、次は必ず何かほかのものを植えて、4 年目ぐらいにまたナタネを植えるというようにしないといけません。

実際に、われわれは、ナタネだけではなくほかのものも分析しています。そうすると、ナタネは非常に汚染するのですが、ナタネを植えた後のほかの作物は汚染が極めて少ないことが分かりました。これは新しい発見でした。要するに、ナタネが水溶性のセシウムやストロンチウムを吸い上げてしまうと、また土壌にがっちりくっついてものがじわっと溶けて出てくるのに時間がかかるので、その間はほかのものを植えても汚染が少ないということです。そこで、初めによく吸収する植物を植えて、それから普通のものを植えても汚染は少ない。今度は汚染しにくいものを植える。そして再び汚染しやすい作物を植える。これを繰り返すことで、土壌汚染があっても農業は可能ではないかという提案をしているわけです。

最も気になったのは、この事業にかかわる従事者の被曝線量なのですが、1 年間の線量を調べてみると、想像以上に少ないことが分かりました。先ほど言ったように土壌に深く浸透しているので、外部被曝が少ないということだと思います。最も高いのがトラクターの運転手ですが、年間 $38\mu\text{Sv}$ 程度で、それほど心配する必要はないということが分かります。今、福島に 3 日ぐらい行ってくると大体 $3\mu\text{Sv}$ 程度被曝します。

あとは応用編で、ナタネ油でバイオディーゼル（オイル）を作ります。バイオディーゼルは、カセイソーダの触媒を使って脂肪酸にメタノールを結合し、脂肪酸メチルエステルにしたもので、軽油の代わりになります。海外のメーカーも含めていろいろ研究して、結果的に山形県のある中小企業が開発した大変優秀な装置を運びました。それを現地の方に研修していただいて、運転を覚えていただきました。

この装置には電気が必要なので、自家発電装置を持っていきました。3.5 時間で 200 リットル精製できます。そのうちの 1 割の 20 リットルで、この装置が運転できますから、9 割はほかの目的に利用できます。

早速トラックに入れて試運転をしたら、広いグラウンドをぐるっと回って、運転手さんはどこかに行ってしまったのです。なかなか帰ってこないの後始末をしていたら、2 時間後ぐらいに帰ってきて、「友達の所で芋掘りを手伝ってきた」という話で、期せずして実用試験をパスしたわけです。

バイオガス装置は市販の装置がありませんので、全部自分たちで一から作るしかありません。仲間にこれを設計できる者がいますので、設計しました。試験運転用なので、小規模です。通常運転で大体 1 日に 2m³ほどのバイオガスが出てくるということです。

まず穴を掘りました。コンクリートブロックもない状態だったので、型枠でコンクリートブロックをまず作ってからということで、なかなか大変でした。発酵槽がだんだんできてきて、最後は全部土の中に埋め込んでしまいます。水漏れ試験は消防署が手伝ってくれました。

バイオガスにはタネ（微生物）が必要です。日本だとドブ川などの泥を取ってくればいいのですが、ここは近くの池から取ってきたものをタネにしました。1 年かかって、やっとガスが発生するという状況になっています。

最後の廃水には、放射性セシウムが（溶け）出ているので、吸着材で吸着させます。さまざまな吸着剤を実験しましたが、結果的には、最近よく聞くゼオライトが最も効果があることが分かりました。汚染したキノコから塩酸で抽出した溶液に吸着剤を入れて、時間変化を見ました。0 時間、30 分、12 時間、24 時間後を見ると、ゼオライトが一番効果があって、30 分で 95%ほど吸着します。

こういうわけで、植物を使って大幅に放射性物質を土壌から減らすことはできないけれども、そういう中での生活をもう一回取り戻せるのではないかとということで提案しているところです。去年 7 月に州知事さんにお会いしていろいろ話をしました。この州知事さんも実は農学博士で、ルピナスという花を使って土壌浄化の研究をして学位を取った方で、話がよく通じました。ぜひこのシステム全体を使って、今年から 30 万 ha（ヘクタール）ある汚染地域でナタネを栽培し、バイオエネルギー工場を造るということを始めたいと言っています。（私は）今週の日曜日からまたウクライナに行って、その相談をしに来る予定です。ご清聴ありがとうございました。